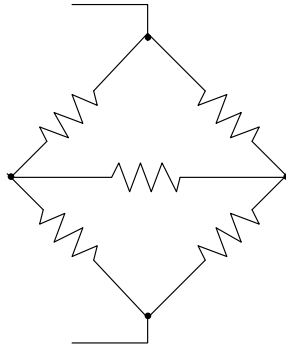


Électricité et magnétisme (PHY 332)



Laboratoire :

Étude d'un circuit résistif et d'un circuit RC

Nom : _____	Groupe : _____
Nom : _____	Groupe : _____
Nom : _____	Groupe : _____

Date de remise : _____

Remis à : _____

(nom de l'enseignant)

Introduction

Le présent laboratoire s'inscrit dans l'étude des circuits électriques. Cette expérience comporte deux parties : une première partie a pour but l'étude d'un pont résistif et la deuxième partie a pour but l'étude d'un circuit RC. Pour le circuit résistif, la résistance équivalente sera mesurée en utilisant trois méthodes différentes, qui seront ensuite comparées avec la valeur théorique. Pour le circuit RC, la constante de temps d'un condensateur variable sera mesurée pour différentes valeurs de capacité. Parmi les sujet explorés figurent : la loi d'Ohm, les lois de Kirchhoff, la notion de constante de temps, le fonctionnement d'un multimètre et d'un oscilloscope.

Partie 1 : Étude d'un circuit résistif

Un pont résistif composé de cinq résistances est relié à une source par l'entremise d'une sixième résistance, tel qu'illustré à la figure 1. Les valeurs des résistances et de la tension de la source sont indiquées ci-dessous, à l'exception de la résistance R_x pour laquelle vous devez choisir une valeur correspondant à un multiple de 5, entre 20Ω et 100Ω . Vous disposez d'un multimètre que vous utiliserez à la fois comme ohmmètre, ampèremètre et voltmètre, selon vos besoins.

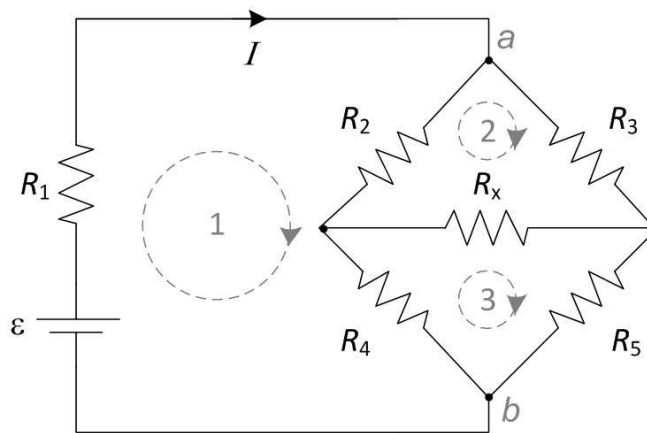


Figure 1 Circuit résistif de la partie 1 de l'expérience.

Dans le circuit, les valeurs suivantes doivent être utilisées :

$$R_1 = R_2 = 100 \Omega; \quad R_3 = 150 \Omega; \quad R_4 = 220 \Omega; \quad R_5 = 68 \Omega; \quad \varepsilon = 10 \text{ V}$$

Pour s'assurer de la valeur des résistances, il est conseillé de les mesurer séparément avec l'ohmmètre.

Manipulations

Réalisez le circuit illustré à la figure 1 avec le matériel mis à votre disposition. Notez vos mesures dans le tableau 1 à la page 3.

1. Débranchez la source. Mesurez la résistance équivalente R_{ab} directement avec l'ohmmètre. Notez votre résultat dans la case R_{ab1} du tableau 1.
2. Rebranchez la source. Mesurez le courant I fourni par la source et consignez votre résultat dans le tableau.
3. Mesurez la différence de potentiel ΔV_{ab} entre les points a et b et consignez votre résultat dans le tableau.

Mesures	Calculs sur les mesures	Calcul théorique
$R_{ab1} =$		$R_{ab} =$
$I =$	$R_{ab2} =$	
$\Delta V_{ab} =$	$R_{ab3} =$	

Tableau 1 Mesures expérimentales et résultats de calculs portant sur le circuit résistif. Les cases grises ne sont pas utilisées.

Résultats et analyse

Votre rapport doit comporter, entre autres, des réponses aux questions ci-dessous. Complétez les cases vides du tableau 1 en effectuant les calculs demandés, et présentez un tableau semblable dans votre rapport.

1. Calculez la valeur théorique ($R_{thé}$) de la résistance équivalente du pont résistif entre les points a et b , en tenant compte de votre choix pour R_x . Notez votre résultat dans la case R_{ab} du tableau 1.
2. Déterminez la valeur expérimentale de R_{ab} à partir de votre mesure du courant obtenue avec l'ampèremètre. Expliquez votre approche et votre calcul. Notez votre résultat dans la case R_{ab2} du tableau 1. Le ΔV_{ab} mesuré ne doit pas être utilisé.
3. Déterminez la valeur expérimentale de R_{ab} à partir de votre mesure de la différence de potentiel obtenue avec le voltmètre. Expliquez votre approche et votre calcul. Notez votre résultat dans la case R_{ab3} . Le I mesuré ne doit pas être utilisé.
4. À l'aide du tableau 1, comparez les trois valeurs expérimentales de R_{ab} avec la valeur théorique. Le calcul d'écart suivant doit être utilisé : $(|R_{exp} - R_{thé}| / R_{thé}) \times 100 \%$.
5. Déterminez quelles sont les deux principales causes d'erreurs dans cette expérience.

Partie 2 : Étude d'un circuit RC

Un circuit RC à capacité variable est branché à un oscilloscope tel qu'illustré à la figure 2.

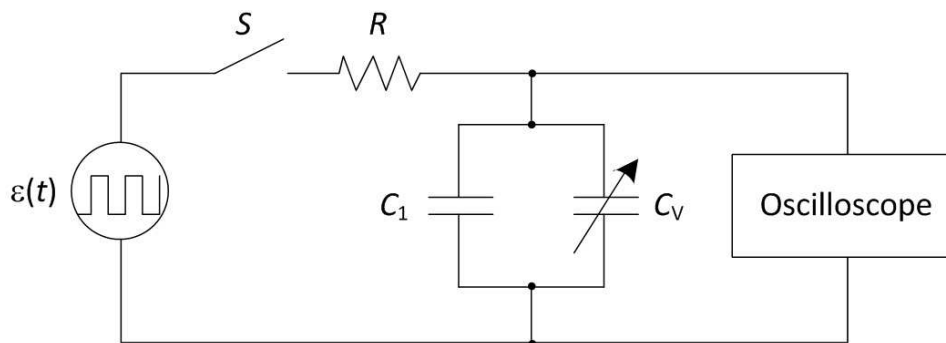


Figure 2 Circuit RC de la partie 2 de l'expérience.

Dans le circuit, les valeurs suivantes doivent être utilisées :

$$R = 100 \Omega; \quad C_1 = 1,5 \mu\text{F}; \quad C_v \text{ varie de } 0 \text{ à } 1 \mu\text{F}, \text{ par saut de } 0,1 \mu\text{F}$$

La source $\varepsilon(t)$ est une source en onde carrée dont la valeur maximale est de 5 volts (10 volts crête-à-crête).

$C_{\text{éq}}$	Δt	τ_{exp}	$\tau_{\text{thé}}$
(μF)	(ms)	(ms)	(ms)
1,5			
1,6			
1,7			
1,8			
1,9			
2,0			
2,1			
2,2			
2,3			
2,4			
2,5			

Tableau 2 Mesures du temps de montée Δt , constantes de temps τ expérimentales et théoriques.

Manipulations

Réalisez le circuit illustré à la figure 2 et effectuez les manipulations suivantes. Consultez l'annexe A au besoin pour en connaître davantage sur le fonctionnement de l'oscilloscope et sur la mesure du temps de montée en particulier.

- Réglez l'amplitude de la source à 5 V crête (V_p) avec le bouton rotatif sur celle-ci, tout en observant le signal à l'écran de l'oscilloscope. En réglant l'oscilloscope à 2 V par division, l'étendue verticale du signal devrait être de 5 divisions, soit un total de 10 V étant donné que la source oscillera entre +5 V et -5 V. Réglez la fréquence de la source à environ 280 Hz (300 Hz au maximum).
- Pour chacune des valeurs de $C_{\text{éq}}$ dans le tableau, mesurez le temps de montée en suivant la procédure décrite en annexe. Choisissez une échelle de temps vous permettant d'effectuer les mesures avec le maximum de précision. Notez vos mesures dans la colonne Δt du tableau 2. Un tableau similaire devrait figurer dans votre rapport.

Résultats et analyse

Votre rapport doit comporter, entre autres, des réponses aux questions ci-dessous. Les graphiques et calculs peuvent être effectués avec Excel. Les graphiques doivent être présentés en format pleine page 8,5"×11". Soyez précis dans vos mesures et dans vos calculs.

- Calculez la constante de temps pour chaque valeur de $C_{\text{éq}}$ à l'aide de l'expression ci-dessous. Inscrivez vos résultats dans le tableau 2. Complétez aussi la colonne correspondant aux valeurs théoriques de la constante de temps.

$$\tau = \frac{\Delta t}{\ln 9}$$

- Démontrez analytiquement l'expression utilisée au point précédent. Indice : utilisez les expressions de la tension aux bornes des condensateurs en fonction du temps pour $t = t_1$ et $t = t_2$ (deux expressions).

$$V_C(t) = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

3. Tracez le graphe des points obtenus à partir des valeurs expérimentales et théoriques de τ en fonction de la capacité équivalente $C_{\text{éq}}$. L'utilisation du logiciel Excel est recommandée. Graduez vos axes en secondes et en Farads.
4. À l'aide d'Excel, déterminez l'équation de la droite des moindres carrés (courbe de tendance linéaire) associée aux points expérimentaux obtenus. Cette équation contient la pente expérimentale. Faites afficher suffisamment de chiffres significatifs.
5. Répétez l'étape 4 pour les points théoriques. Indiquez clairement dans le graphique quelle courbe est associée avec quelle équation.
6. Dites à quoi concrètement correspond la pente dans un tel graphique (par exemple, une des composantes ou un des paramètres du circuit, ou autre...). Justifiez.
7. Calculez le pourcentage d'écart entre la pente expérimentale et théorique, et commentez cet écart.
8. Déterminez quelles sont les deux principales causes d'erreurs dans cette expérience.

Contenu du rapport

Votre rapport de laboratoire doit être fait sur traitement de texte et doit contenir les points suivants :

- Une introduction : l'objectif du laboratoire, résumé de la stratégie expérimentale et de l'analyse, le matériel utilisé, etc.
- Les détails des calculs réalisés ;
- La démonstration mathématique (preuve symbolique) demandée dans la partie 2 ;
- Les points d'analyse et de résultats demandés dans les parties 1 et 2 ;
- Une utilisation rigoureuse des unités de mesure ;
- Une conclusion.

Note : Le rôle principal du surveillant de laboratoire est de s'assurer que le matériel nécessaire est disponible et est en bon état de fonctionnement. Bien qu'il puisse répondre à certaines questions et vous dépanner à l'occasion, il ne vous montrera pas comment réaliser l'expérience : vous devez être autonomes et suivre les directives du protocole que vous devez avoir lu préalablement.

Document révisé le 21 novembre 2019
Marc Boulé
Maître d'enseignement
École de technologie supérieure
Adaptation d'un document créé par Luc Soucy

A Utilisation de l'oscilloscope numérique

À titre de complément, cette annexe présente sommairement l'utilisation de l'oscilloscope pour mesurer le temps de montée d'un signal. L'oscilloscope permet de visualiser l'évolution d'un signal dans le temps (voir figure 3). Ce qui suit est un résumé d'étapes manuelles et automatiques pour l'instrument TDS 1042 du fabricant Tektronix.

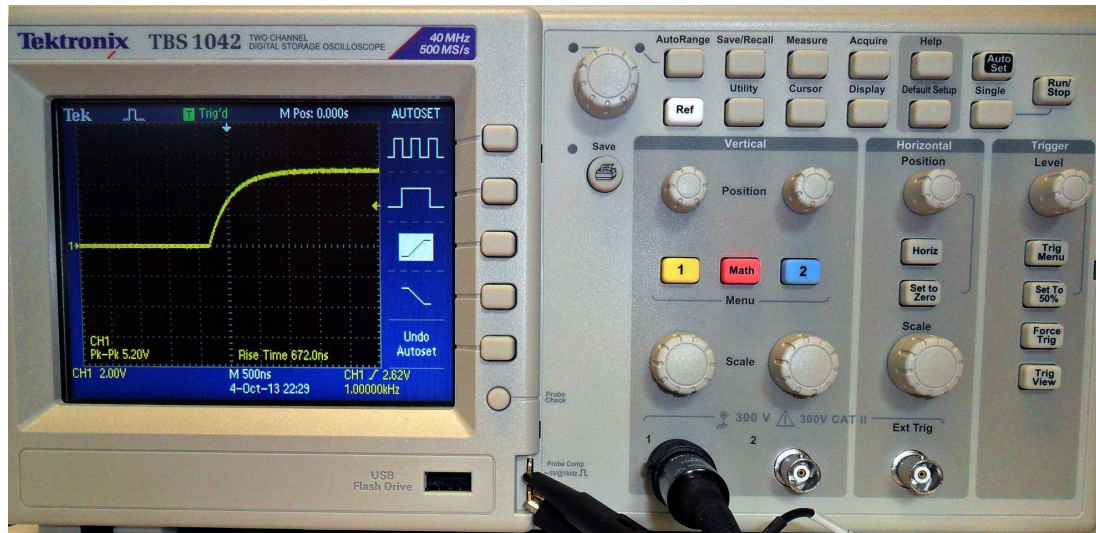


Figure 3 Oscilloscope numérique.

Voici un résumé de la procédure *manuelle* à suivre pour mesurer le temps de montée¹.

1. Allumez l'oscilloscope et branchez le signal à analyser dans le canal 1. Si le signal ne s'affiche pas, appuyez sur le bouton jaune du canal 1 pour l'activer.
2. À l'aide du bouton rotatif *Trigger* → *Level*, assurez-vous que le niveau du pointeur jaune sur le côté droit de l'écran est situé entre le niveau minimal et maximal du signal. Si ce n'est pas le cas, l'onde ne sera pas stable à l'écran.
3. Réglez la base de temps (bouton rotatif *Horizontal* → *Scale*) de façon à mesurer le temps de montée avec précision : il devrait y avoir environ une période du signal dans l'écran. Le bouton *Horizontal* → *Position* peut aussi être utilisé au besoin.
4. Ajustez l'échelle verticale (bouton rotatif *Vertical* → *Scale*) du canal 1 pour que l'étendue du signal occupe environ 5 divisions verticales dans l'écran. Au besoin, ajustez la position verticale avec le bouton rotatif *Vertical* → *Position*.
5. Appuyez sur le bouton jaune du canal 1, et ensuite changez l'option *Volts/Div* de *Coarse* à *Fine* sur le côté droit de l'écran.
6. Refaites l'étape 4 cette fois en ajustant l'étendue verticale à exactement cinq divisions. Notez que si l'amplitude du signal a été ajustée préalablement à 5 divisions, les étapes 5 et 6 ne sont pas nécessaires.
7. Ajustez la position verticale (bouton rotatif *Vertical* → *Position*) pour que le niveau minimal du signal soit situé à 2,5 divisions majeures en bas du centre de l'écran. Autrement dit, le signal devrait être verticalement centré autour de l'axe horizontal au milieu de l'écran (voir figure 4).
8. Appuyez sur le bouton *Cursor* pour faire apparaître le menu des curseurs.

1. L'image de la figure 4 et les étapes proviennent du manuel d'utilisateur du Tektronix TDS 1042 (adaptées par l'auteur)

9. Faites basculer l'option *Type* vers le mode *Time* à l'aide du bouton correspondant, sur le côté droit de l'écran.
10. À l'aide des boutons correspondants à *Cursor 1* et *Cursor 2* (sur le côté droit de l'écran) et du bouton rotatif multiusage (au dessus du bouton *Save*), positionnez les curseurs aux points où le signal traverse les deuxièmes divisions majeures au dessus et au dessous de l'axe central. Ces points correspondent aux niveaux 10 % et 90 % du signal (voir figure 4).
11. Notez la valeur de Δt qui apparaît à l'écran, ceci correspond au temps de montée du signal. Vous devriez aussi confirmer que la valeur ΔV affichée à l'écran correspond environ à 80 % de l'étendue verticale du signal.

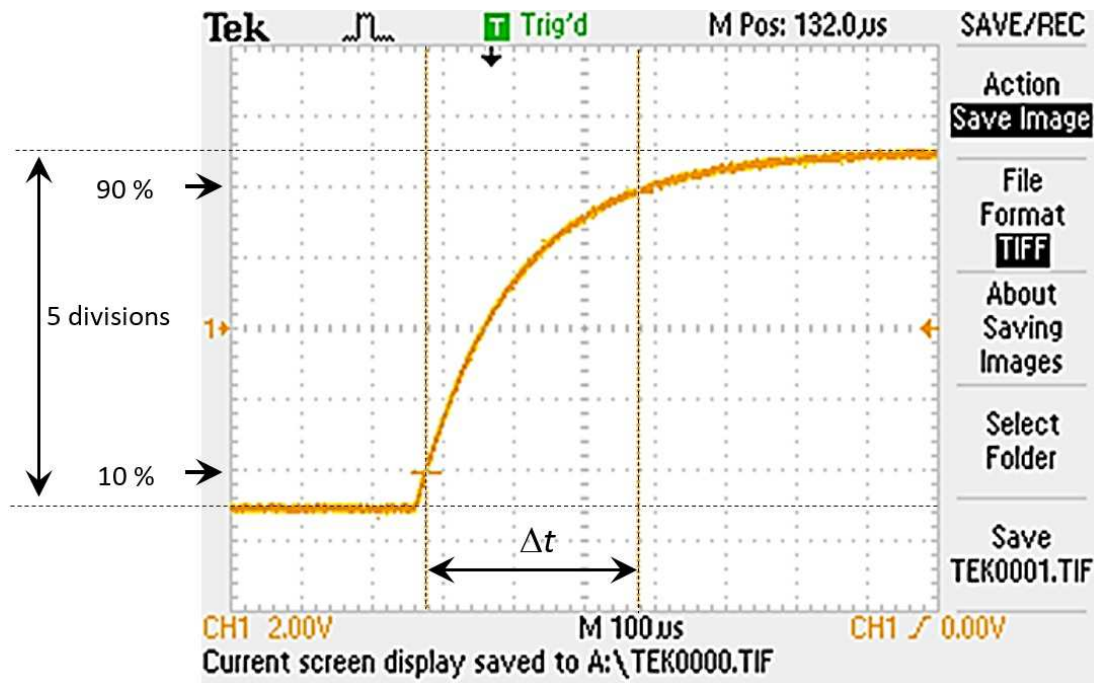


Figure 4 Exemple de temps de montée d'un signal.

Voici un résumé de la procédure *automatique* à suivre pour mesurer le temps de montée. Notez que la méthode automatique est moins précise que la méthode manuelle **et ne devrait pas être utilisée** pour obtenir vos résultats; elle peut tout de même servir à une validation rapide.

1. Allumez l'oscilloscope et branchez le signal à analyser dans le canal 1.
2. Appuyez sur le bouton *Auto Set*.
3. Appuyez sur le bouton correspondant à une transition montante sur le côté droit de l'écran (le troisième choix à partir du haut).
4. Au besoin, réglez la base de temps (bouton rotatif *Horizontal* → *Scale*) de façon à ce qu'il y ait environ une période du signal dans l'écran.
5. Notez la valeur *Rise Time* qui apparaît en jaune à l'écran, ceci correspond au temps de montée du signal. Si cette valeur n'est pas stable, il faut tenter d'estimer une valeur centrale.

L'oscilloscope permet aussi d'enregistrer des captures d'écran sur clé USB. Assurez-vous de toujours noter vos résultats, car il se peut que les captures d'écran ne contiennent pas toutes les informations visibles à l'écran. Voici un sommaire de la procédure.

1. Appuyez sur le bouton *Save/Recall*;
2. Dans la section contextuelle à droite de l'écran : sous *Action* sélectionnez *SAVE IMAGE*;

3. Sous *File Format* choisir *JPEG* ;
4. Insérez la clé dans le port USB ;
5. Appuyez le bouton *Save* (celui avec le pictogramme d'imprimante) ;
6. Attendre l'enregistrement (un icône d'une montre en bas de l'écran s'éteindra lorsque l'enregistrement est terminé). Une fois terminé, un message apparaîtra : "Current display recorded in to file —".